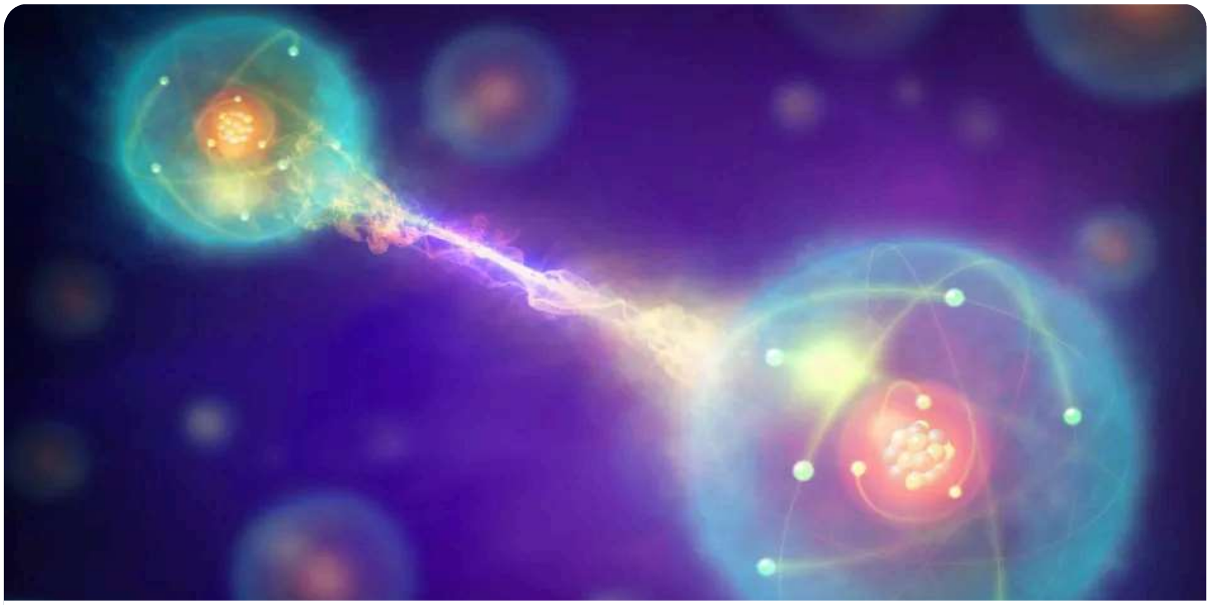
المدن
جريدة إلكترونية مستقلة .. وفي رواية أخرى

مئوية فيزياء الكمّ: المحرك الخفي لعالمنا

نافع سعد | الأحد 2025/06/29



الاختراعات المبنية على فيزياء الكم هي أساس الحياة الحديثة (Getty)

تخيل عالماً يكون فيه مفتاح الكهرباء في حالةٍ بين التشغيل والإطفاء معاً، ولا يتحدد وضعه النهائي إلا عندما تنظر إليه. عالم تختفي فيه الجسيمات هنا لتظهر فورًا في مجرة بعيدة، وفيه الواقع نفسه نسيج من الاحتمالات اللانهائية.

هذا ليس خيالًا علمياً، بل هو عالم فيزياء الكمّ الذي ولد عام 1925، عندما كتب الشاب فيرنر هايزنبرغ، في الثالثة والعشرين من عمره، وهو في عزلة على جزيرة ألمانية، معادلات قلبت الفيزياء الكلاسيكية رأسًا على عقب. بعد أشهر، صاغ إرفين شرودنغر معادلته الموجية (1926)، مؤكّدًا عمق الثورة الكمومية. ولاحقًا (1935)، اشتهر مثال "قطة شرودنغر" كتجربة افتراضية (فلسفية) توضح مبدأ التراكب الكمّي (Superposition)، إذ تبقى القطة في آنٍ واحدٍ حية وميتة إلى أن يفتح الصندوق.

لقد تحطّم الكون البديهي لنيوتن – المتوقع، الميكانيكي، المألوف – وتعلمنا أن الذرات ترقص على إيقاع غريب.

الرقص على إيقاع الكمّ

في قلب فيزياء الكمّ تكمن ثلاثة مبادئ تتحدى الحدس اليومي:

- يخبرنا مبدأ التراكب الكمّي بأن الواقع يوجد في حالات متعددة في وقت واحد، مثل قطة شرودنغر حية وميتة في آنٍ واحد داخل صندوقها إلى أن تُرصد.

- الإلكترون لا يقتصر وجوده على مكان واحد؛ بل هو سحابة احتمالية، كأنه حاضر في كل مكان محتمل. تؤكد ذلك أنماط التداخل الغامضة في تجربة الشق المزدوج (double-slit experiment).

- أخيراً، يكشف مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ عن الضبابية الكامنة في الطبيعة: لا يمكننا أبداً معرفة سرعة الجسيم وموقعه بدقة تامة. كعملة معدنية تدور بين الصورة والكتابة، وهذا التشبيه بالكاد يلامس عمق المسألة. فالقياس نفسه هو تدخّلٌ كمّي يغيّر سلوك الجسيم. في عالم الكمّ، تسليط الضوء على الإلكترون لرصده يعني قصفه بفوتونات تغيّر حركته وموقعه.

التقاء الجاذبية بعالم الكمّ

رغم دقة توقعاتها طوال القرن المنصرم، تصطدم فيزياء الكمّ بحاجزٍ عندما تلتقي بنظرية النسبية العامة. تصف نظرية أينشتاين (1915) الجاذبية بأنّها انحناءٌ في الزمكان، نسيجٌ كونيٌّ يتشوَّه بفعل النجوم والكواكب، وتتنبّأ هي الأخرى بدقّة مذهلة بالظواهر الكونية، من الثقوب السوداء إلى اللحظات الأولى مباشرةً بعد الانفجار العظيم. لكن عند دراسة مراكز الثقوب السوداء أو لحظة الانفجار نفسها (t=0)، تتعارض قواعد فيزياء الكمّ مع نظرية النسبية العامة. وتظهر حينئذٍ مشكلة رياضية جسيمة: تنهار المعادلات وتنتج قيمًا لا نهائية (∞)، ممّا يدلّ على أنّ النظريتين غير قادرتين على العمل معًا لوصف الطبيعة. تحكم النسبية العامة الكون الشاسع، بينما تسيطر فيزياء الكمّ على العالم الذري؛ ومعًا تتصارعان بانتظار حلٍّ لهذه المشكلة.

نظرية الأوتار: حلم توحيد كل شيء

المأزق إذن، تعذر صياغة نظرية للجاذبية الكمّية، ولكن تبدو نظرية الأوتار (String Theory) أكثر المسارات الواعدة – وإن لم تُثبَت تجريبيًّا بعد – نحو التوحيد. طوّرها غابرييل فينيزيانو ودفعها إلى الأمام مايكل غرين وجون شفارتز، وهي تعيد تصور جميع الجسيمات على أنها أوتار صغيرة مهتزة في عشرة أو أحد عشر بعدًا. ولخص برايان غرين في كتابه الكون الأنيق جاذبية هذه النظرية على أنها إطار رياضي واحد يجمع كل القوى والمادة – حتى الجاذبية – في نسيج واحد. لكن النظرية تتطلّب تنازلات: أبعادًا إضافيةً ملتفة على مستويات دقيقة جدًّا بحيث يتعذّر رصدها حتى الآن، وعددًا لانهائيًّا من

Collider) بحجم مجموعتنا الشمسية تقريبًا، إذ يلزم تسارع كبير وطاقة هائلة لنصل إلى مقياس الأوتار ونلحظ اهتزازاتها عند تصادم الجزيئات.

كما تتبني هذه النظرية على فكرة التناظر الفائق (Supersymmetry)، حيث يُضاف إلى كل جسيم معروف "شريك" موازي بخصائص أثقل يسكن في بعد آخر، مما قد يُكمل إطار "الأوتار" ويعزّز إمكانية التوحيد المرجوّة.

ويروّج ميشيو كاكو بدوره لنظرية "حقل الأوتار" (String field theory) كنظريةٍ لكل شيء، مع التحذير بأن "المزاعم غير العادية تتطلّب أدلة غير عادية". فيما رأى الراحل ستيفن هوكينغ في "الأوتار" مفتاحًا لفكّ ألغاز الثقوب السوداء، حيث ربط عدم اليقين الكمّي بالزمكان نفسه عبر "إشعاع هوكينغ"، وهي فرضية رائعة لا تزال تنتظر التأكيد.

رحلة بناء نظرية الكون

تطور القرن الماضي نظريًا مثل سيمفونية عظيمة. قدمت عشرينيات وأربعينيات القرن العشرين أسس ميكانيكا الكمّ: مبدأ عدم اليقين لهايزنبرغ، موجات شرودنغر، المادة المضادة لديراك. قامت خمسينيات وسبعينيات القرن الماضي بتجميع النموذج القياسي (Standard Model)، موحدة الكهرومغناطيسية والقوة النووية الضعيفة بينما تصنف الكواركات. منذ ثمانينيات القرن الماضي فصاعداً، تفتحت نظرية المعلومات الكمّومية جنباً إلى جنب مع صعود نظرية الأوتار، بينما دعا منظّرون فيزيائيون مثل شون كارول بقوة إلى تفسير "العوالم المتعددة" المثير للجدل، بحجة أن كل احتمال كمّي لا بد أن يُخلق في عوالم متوازية.

أفق الكمّ واكتشاف المستحيل

بالنظر إلى المستقبل، تهمس تكنولوجيا الكمّ بإمكانات قادرة على إحداث نقلة نوعية للحضارة. يمكن للحواسيب الكمّية التي تستغل التراكب والتشابك

(decoherence)، تلك العقبة التي ظهرت جليّة في عرض "التفوق الكمّي" لغوغل عام 2019، والذي كان مجرد إثبات مفهوم بعيدًا عن الاستخدام العملي. من جهة أخرى، تستغل تقنية التشفير الكمّي (QKD) قوانين الكمّ لإنشاء مفاتيح تشفير غير قابلة للاختراق نظريًا، حيث تحمي بالفعل الانتخابات السويسرية والأقمار الصناعية الصينية. وقد تكشف المستشعرات الكمّية قريبًا عن المياه الجوفية، أو تتوقّع الزلازل، أو ترسم إشارات الدماغ بدقة غير مسبوقة.

إنكار الكمّ والعيش فيه

من المفارقات الساخرة أن العديد من الناس ينظرون إلى فيزياء الكمّ باعتبارها نظريات مجردة ومعادلات رياضية غير ضرورية ولا تمس واقعنا اليومي. فقد تعلمنا أن نمنح العلوم بعدًا فلسفيًا لكي نفهمها أكثر، ولا بد من الاعتراف بأن التفكير الفلسفي على المستوى دون الذري صعب للغاية. لكن لا بُدّ من الإضاءة على منجزات فيزياء الكمّ، فالاختراعات المبنية عليها هي أساس الحياة الحديثة. ذلك الهاتف الذكي في يدك؟ يعتمد مليارات الترانزستورات فيه على النفق الكمّي، حيث تخترق الإلكترونات حواجز صلبة. والليزر الذي يمسح الباركود أو يصلح بصرك؟ وُلد من استنتاج أينشتاين الكمّي عام 1917 حول الانبعاث المحفَّز. وعندما يكشف التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) عن التضاريس الخفيّة لجسمك، فهو يرسم خريطة اللفّ المغزلي الكمّي لذرات الهيدروجين؛ بينما يتتبع التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني(PET) البوزيترونات وهي تختفي في انفجارات من الطاقة الكمّية. لذا، في المرة القادمة التي يستهزئ فيها شخص بـ"غرابة" الكمّ، أطلب منه التخلي عن هاتفه الذي يعمل بالكمّ!

التعليقات

التعليقات المنشورة تعبر عن آراء أصحابها



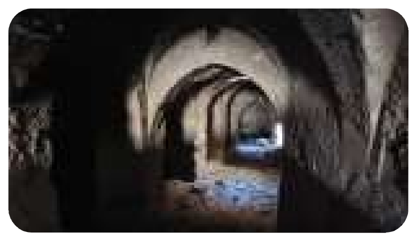
استجواب طلاب في الآداب 3: اللجنة منهمكة بتسريب المعلومات!



مفاضلة الجامعات في سوريا: تصحيح لمسار التعليم أم خيبة أمل؟



الذكاء الاصطناعي يحدث ثورة في طب العيون



بالفيديو: قلعة حارم التحفة الناجية من هولاكو تطلق نداء إنقاذ

جريدة إلكترونية مستقلة .. وفي رواية أخرى

جريدة "المدن" الإلكترونية جريدة إلكترونية مستقلة مقرها بيروت تمثل التيار المدني اللبناني والعربي

روابط سريعة

معلومات

النشرة البريدية

خطوة بسيطة وتكون من المطلعين على الخبر في لحظة ظهوره

أدخل بريدك الإلكتروني

اشترك